

PRIMER CONGRESO ECUATORIANO DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

TECNOLOGÍAS SIN ZANJA PARA LA CONSTRUCCION DE MICROTUNELES Y TUNELES DE SERVICIO

PRESENTADOR: JUAN CARLOS MORENO y GREGOR NIEDER

NOVIEMBRE 2024

1

ÉQUIPO DE TUNELACION DE HERRENKNECHT
 Numero de maquinas para tunelacion para proyectos internacionales
DISEÑADO. CONSTRUIDO. SUMINISTRADO. DESDE 1977.

> **1200** TBMs para tuneles de trafico

> **2000** TBMs para tuneles de servicio

2

TUNELACION PARA REDES DE SERVICIO
 Infraestructura subterranea para servicios | Campos de aplicacion para tecnologias sin zanja

AGUAS RESIDUALES. AGUA. CABLES. PETROLEO. GAS. HIDROGENO.

TUNELES | TUBERIAS | DUCTOS.

3

INFORMACION GEOTECNICA
 Necesaria para la seleccion apropiada del tipo de tecnologia y de maquina

| Preestudio | Diseño y planeación de.. | Selección |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GEOLOGIA Condiciones del suelo & HYDROGEOLOGIA Condiciones de agua en el suelo | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tipo de tunel (a gravedad, a presión, etc) ✓ Diámetro y alineamiento del tunel (cobertura, longitud y profundidad de tramo, pendiente, curvas, etc) ✓ Manejo de presiones hidroestática en el frente ✓ Revestimiento del tunel (Tubería hincada, Tubería halada, Dovelado, etc) ✓ Soporte del frente de excavación (Lodos, tierra, mecánico, etc) | TECNOLOGIA & MAQUINA (TIPO Y DIAMETRO) RUEDE DE CORTE & HERRAMIENTAS DE CORTE |
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Medio de extracción de material excavado (lodos, cinta, vagón, etc) ✓ Capacidad de soporte del suelo y acondicionamiento del suelo ✓ Manejo de roca altamente dura y abrasiva y de bolos. ✓ Manejo y disposición del sustrato excavado ✓ Disponibilidad de espacio para pozos de construcción | |

4

INSTALACION SIN ZANJA
 Resumen de tecnologías

| Auger Boring | Pipe Jacking | Direct Pipe® | Segmental Lining |
|------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| | | | |
| Ducto Ø 4" - 56" | Ducto Ø 24" - 60" | Ducto Ø 24" - 60" | Ducto Ø 24" - 60" |
| Casing (Tubo hincado) Ø ID 114-1420mm | Casing (Tubo hincado) ID 250-4000mm | Casing (Dovelado) ID 2300-4000mm | Casing (Dovelado) ID 2300-4000mm |
| Max. longitud de tramo 100m | Max. longitud de tramo 2.500m | Max. longitud de tramo 2.000m | Max. longitud de tramo 10.000m |
| Geología Suelo blando, Roca hasta 210MPa | Todas las geologías | Todas las geologías Roca hasta 150MPa | Todas las geologías |

5

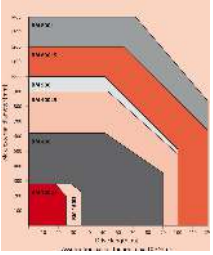
Guided Auger Boring

Tecnología de un/dos/tres pasos para instalación directa de tubería de servicio hincada o halada sin camisas de sacrificio con perforación guiada con helice


6

PERFORACION GUIADA CON HELICE

Selección de maquina según longitud y diámetro y dimensiones de pozo



| Maquinas | Max. Diametro Exterior de Tubo | Dimensiones de pozos |
|-----------------|--------------------------------|----------------------|
| BM150 | 280 mm | 1,40 m |
| BM400 / BM400 S | 620 mm | 2,00 m |
| BM500 S | 1020 mm | 3,20 m |
| BM400 LS | 980 mm | 2,27 m + Pipe Length |
| BM600 LS | 1200 mm | 3,50 m + Pipe Length |
| BM800 LS | 1600 mm | 4,05 m + Pipe Length |
| BM400 LSC | 960 mm | 1,90 m + Pipe Length |
| BM600 LSC | 1280 mm | 2,30 m + Pipe Length |



7

PERFORACION GUIADA PILOTO CON HELICE

Procedimiento de instalacion de tuberia hincada: Concreto, GRP, etc.

Condiciones generales

- Suelo desplazable SPT < 35
- No Piedras > 80 mm
- Nivel freatico en suelos impermeables
- Longitud de tramos < 100-120 m
- Solamente tramos rectos (sin curvas)
- Cobertura minima 1-1,5 OD
- Precision: Horizontal: ±30 mm, Vertical: ± 20 mm



8

PERFORACION GUIADA PILOTO CON HELICE

Proyecto de referencia de instalacion de tuberia hincada de GRP INTERCEPTOR PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES QUITUMBE (2015)



Quito | Ecuador

Machine: BM400LSC

Geologia: Cangahua

Longitud de túnel: approx.900 m

Tuberías para hincar de GRP: ID 344 y ID515 mm;L=2,0 m

Profundidad:3-9 m;Tramos:50 m


Rendimiento promedio:200 /mes

Cliente:EPMAPSQ

9

PERFORACION GUIADA PILOTO CON HELICE

Procedimiento de instalacion de tuberia halada:PAD, PVC, etc.



10

PERFORACION GUIADA PILOTO CON HELICE

Proyecto de referencia de instalacion de tuberia halada de PAD ALCANTARILLADO EN GRUPO 7 TRANSMILENIO AV68 EN BOGOTA (OCT. 2023-NOV.2024)



Bogota | Colombia

Machine: BM400S

Geologia: Arcilla con alto nivel freático

Longitud: aprox. 2,5 km

Tubería: 8", 10", 12" y 20" PAD;L=2,0 m

Max. Profundidad de pozo: 7 m

Max.Longitud de tramos: 80 m

Pozo de lanzamiento:3,2 m Circular

Pozo de recepcion:3 m x 2 m

Rendimiento promedio:7dias/tramo

Cliente: ALICANTARILLADO BOGOTA

11

PERFORACION GUIADA CON HELICE CON FRONT STEER PARA INSTALACION DE TUBERIA DE HINCA(Concreto, GRP)

Condiciones generales

- Suelo No desplazable (SPT > 35)
- Roca blanda hasta 30-40 Mpa o Roca Dura hasta 250 Mpa(FrontSteer con Martillo Neumatico)
- Tamaño maximo de Piedras: 1/4 x OD
- Maximo OD tubería a hincar OD960 mm
- Longitud de tramos < 80 m
- Solamente tramos rectos (sin curvas)
- Cobertura minima 1.5 OD
- Precision: Horizontal: ±25 mm, Vertical: ± 25 mm



Diferentes diseños de cabezas de corte para diferentes aplicaciones

12

PERFORACION GUIADA CON HELICE CON FRONT STEER

Proyecto de referencia de instalacion de tuberia hincada de GRP
ALCANTARILLADO ID800 MM, OD860 MM, GRP EN LECCE-ITALIA

- Maquina: BM600LSC
- Proyecto: Alcantarillado ID 800 en Viala della Liberta en Lecce
- 2,9 km a zanja abierta y 1 km de pipe jacking
- Longitud de perforacion: hasta 85 m
- Suelo: "Lecce-Stone", de la region de Lecce en Apulia, tipica Caliza suave.



13

Pipe Jacking Microtunnelling

Tecnologia de un paso para instalacion de tuberia hincada para redes de servicio

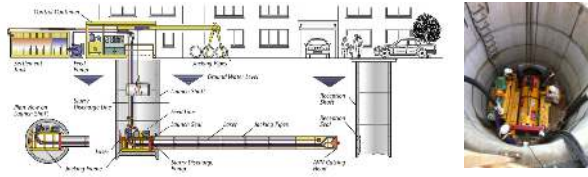


14

TECNOLOGIA DE HINCADO DE TUBERIA

Instalacion de tubos de hincado (concreto, GRP, etc) desde **ID250 mm** hasta 4000 mm hasta 2,50 km

- Instalacion en un solo paso
- Todas las geologias y roca hasta ≥ 250 Mpa (dependiendo de la MTBM)
- minimo riesgo de frac out | perforacion soportada
- Alta precision
- Cobertura minima (2.3 x Ø tubo (DE)) para MTBM de Lodos, (1.5-2 x Ø tubo (DE)) para MTBM EPB



15

TECNOLOGIA DE MAQUINA PARA HINCADO DE TUBERIA



AVN | AVND
MTBM de Lodos
ID 250 - 4000



EPB
MTBM de Balance de Presion de Tierras
con vagon | ID 1600 - 4000



Partial-face MTBM (MH/MHSM)
Escudo Abierto con vagon
ID 1800 - 4000



Open MTBM
MTBM para Roca Dura con Banda transportadora
ID 1200 - 4000

16

TECNOLOGIA DE MAQUINA PARA HINCADO DE TUBERIA

| | DI en mm | Operacion bajo agua | clay | silt | sand | mixed soil | gravel | boulders | rock |
|------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------------|--------|----------|---------|
| AVN | 250 - 4000 | Hasta 3 bares Mas alto posible pero es necesario adaptaciones a la maquina | | | | | | | |
| AVND | 1600 - 4000 | Hasta 3 bares Mas alto posible pero es necesario adaptaciones a la maquina | | | | | | | |
| EPB | 1400 - 4000 | Dependiendo de la geologia | | | | | | | |
| MH / MHSM | 1800 - 4000 | ... | | | | | | | < 80MPa |
| TBM | 1200 - 4000 | ... | | | | | | | |

17

HINCADO DE TUBERIA EN LARGAS-DISTANCIAS

Componentes para el procedimiento de Hincado de Tuberia en largas-distancias



Sistema de lubricacion de Bentonita

- Reduce la friccion de superficie entre maquina /tubos y el suelo circundante
- El sistema de lubricacion de Bentonita con control de volumen permite una distribucion de Bentonita adaptable a traves del cambio de geologia

Estaciones Intermedias de Empuje

- Estaciones Intermedias de Empuje se instalan en intervalos regulares en la ruta del tunel
- Reduce las fuerzas de empuje de la estacion principal de empuje en el pozo de lanzamiento
- Los cilindros de empuje son desmontados cuando el tunel es finalizado



18

CONSTRUCCION DE TUNEL DE SERVICIO.


Tecnología de Hincado de Tubería | Navegación.

Sistema de NavegaciónTuniS

Tramos Cortos y de longitud media rectos


Tramos largos con curvas

TuniS MT^{Laser}
Electronic Laser Target




< 250 m

TuniS MT^{HydroLevel}
Laser Target combined with Hydro Level System




< 450 m

TuniS MT^{Opt}
Optical Gyro combined with Hydro Level System




ID ≥ 1200 mm

TuniS MT^{LaserTotalStation}
Laser Totalstation and Electronic Laser Target



ID ≥ 1600 mm




19

MAQUINA AVN PARA HINCADO DE TUBERIA

Rango de aplicacion recomendado con relacion a la longitud maxima de hincado

| Drive length in m | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 2000 | ≥ 3000 |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|--------|
| Pipe Jacking | | | | | | | |
| AVN 400 | AVNS con bomba de chorro | | | | | | |
| AVN 600 | AVNS con bomba de chorro y estacion intermedia de empuje | | | | | | |
| AVN 800 | Estacion intermedia de empuje y unidad de potencia detras de la maquina | | | | | | |
| AVN 1000 | Estacion intermedia de empuje y unidad de potencia detras de la maquina | | | | | | |
| AVN 1200 | Con modulo de empuje | | | | | | |
| AVN/AVND 1600 | | | | | | | |
| AVN/AVND 1800 | | | | | | | |
| AVN AVND ≥ 2000 | | | | | | | |

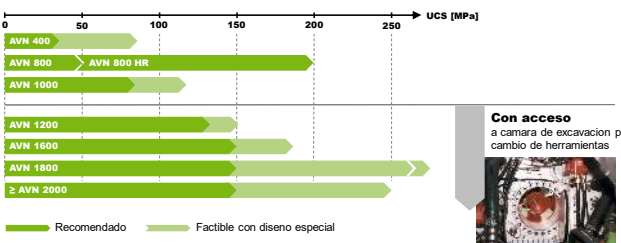
Estas longitudes de hincado son indicaciones aproximadas, ya que la viabilidad depende de las condiciones especificas del terreno y del proyecto




20

MAQUINA AVN PARA HINCADO DE TUBERIA

Rango de aplicacion recomendado con relacion a condiciones de roca dura




Con acceso a camara de excavacion para cambio de herramientas



Recomendado (dark green bar), Factible con diseno especial (light green bar)

21



21

SUBCOLECTOR SAN MIGUEL, SAN JOSÉ, COSTA RICA

AVN en diametro pequeno para instalacion de alcantarillado.

- M-1565M, AVN 600 XC, OD 780
- Geologia: arcilla, limo, roca
- Longitud de tunel: 2,237m (22 tramos)
- Profundidad del alcantarillado: hasta 14m
- Cliente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados Unidad Ejecutora AyA-JBIC






22



22

MANIJA 60" ACUEDUCTO TIBITOC-CASABLANCA EN BOGOTA (2021-2024)

Rehabilitacion de la Linea de Conduccion Fase 2, Tramo 3 Tibitoc (Planta de Tratamiento de Agua Potable) – Casablanca (Tanque) Manija 60"

- M-2537M, M-2539M, 2 x AVN 1600 AB, OD 1970
- Presion de ducto de agua de 150 PSI para suministro a 4 Millones de personas
- Longitud de tunel: 8.7 km, 20 tramos, longitud max. de tramo: 840 m
- Geologia: arcilla, suelo suave con presencia de agua
- Client: **Acueducto**
- Presupuesto aprox. de construccion : 270 000 Millones de COP (77 Millones de USD)
- Tiempo de ejecucion: 30 meses





23

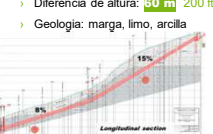


23

TUNNEL PARA CABLE 50/150KV, BASEL, SUIZA

Microtunnel para instalacion subterranean de cables

- AVND1600, OD 1960
- Longitud de tunel: 521m **1,700 ft**
- Pendiente: **8% - 15%**
- Tramo en curva: 3-dimensional, r min = 150m **500 ft**
- Diferencia de altura: **50 m 200 ft**
- Geologia: marga, limo, arcilla







24



24

TECNOLOGIAS CON MTBM DE LODOS



Pipe Jacking
Direct Pipe®
E-Power Pipe®

AVN(Slurry)
Automatische
Vortriebsmaschine
Nassförderung



25

TECNOLOGIA DIRECT PIPE®

Instalación de ductos de acero desde 24" hasta 60" hasta 2,0 km

- ▶ Instalación en un solo paso
- ▶ Todas las geologías y roca hasta 150 Mpa
- ▶ mínimo riesgo de frac out | perforación soportada
- ▶ Alta precisión
- ▶ Cobertura mínima (2-3 x Ø tubo (DE))



26

DIRECT PIPE®- MACHINE.

AVN1000XB (for 48" pipeline)
- RHINE CROSSING WORMS, GERMANY.

AVN1000XB (for 48" pipeline)
- 6 CROSSINGS, Netherlands.



Diferentes Cabezas de Corte para diferentes Geologías



| | |
|-------------------|------|
| Rock | → 10 |
| Cobbles | → 1 |
| Coarse gravel | → 1 |
| Medium gravel | → 2 |
| Fine gravel | → 4 |
| Coarse sand | → 5 |
| Medium sand | → 7 |
| Fine sand | → 9 |
| Sandy, Silty clay | → 10 |
| Silt | → 11 |
| Clay | → 12 |

27

THE PIPE THRUSTER – 3 DIFFERENT MODELS.

- ▶ Maximum push speed: 3 m/min (depending on power pack)
- ▶ Shearing angle: 0°-15°

HK750PT

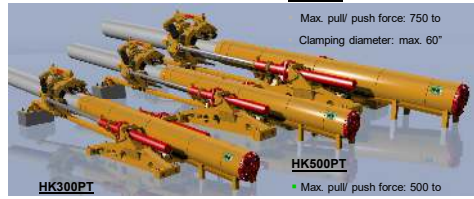
Max. pull/ push force: 750 to
Clamping diameter: max. 60"

HK500PT

Max. pull/ push force: 500 to
Clamping diameter: max.48"

HK300PT

Max. pull/ push force: 300 to
Clamping diameter: max. 36"



28

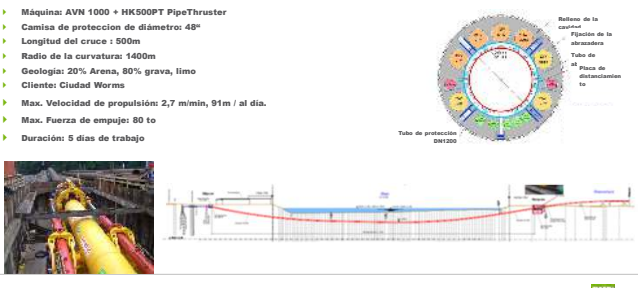
DIRECT PIPE® SITUACION DE LANZAMIENTO



29

Direct Pipe®. Proyecto de referencia. Instalación de cableado en Worms.

- ▶ Máquina: AVN 1000 + HK500PT PipeThruster
- ▶ Camisa de protección de diámetro: 48"
- ▶ Longitud del cruce : 500m
- ▶ Radio de la curvatura: 1400m
- ▶ Geología: 20% Arena, 80% grava, limo
- ▶ Cliente: Ciudad Worms
- ▶ Max. Velocidad de propulsión: 2,7 m/min, 91m / al día.
- ▶ Max. Fuerza de empuje: 80 to
- ▶ Duración: 5 días de trabajo



30

DIRECT PIPE® PTAR Army Bay, Nueva Zelanda



- Army Bay (cerca a Auckland), Nueva Zelanda
- Distancia de descarga 1930m (6330 ft)
- AVN1000 48" Direct Pipe® + HK750PT + HK500PT
- Arenisca, lodolita

PAST WORLD RECORD

- Mejor rendimiento diario: 42.5 m
- Mejor rendimiento semanal: 211 m
- Ancho mas estrecho 7m (23 ft)
- Ancho de area de lanzamiento 12-15m (39-49 ft)
- Area approx. de sitio de trabajo 4700m² (50000 sq.ft)

31

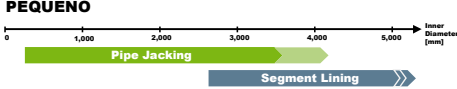
SEGMENT LINING

En diámetros pequeños para tuneles de servicio



32

MÉTODOS DE REVESTIMIENTO PARA TUNELES DE TAMAÑO PEQUEÑO



Beneficios de Pipe Jacking:

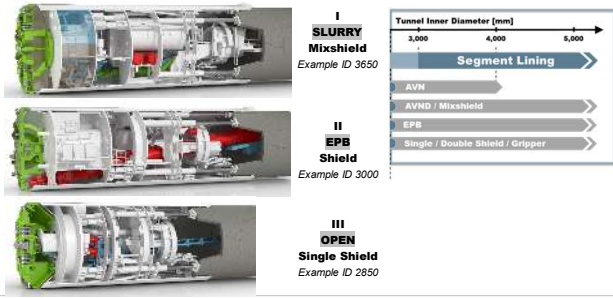
- Menor Uniones por Metro Lineal
- Menor Sobre Corte
- Menor personal requerido
- Control - Remoto
- Personal en tunel → No
- Nivel de seguridad → Alto
- Pozos pequeños requeridos
- Bajo costo de revestimiento

Beneficios de Segment Lining:

- Posible longitud de tramos largos
- Menor cantidad de pozos requeridos
- Diametros grandes posibles
- Alta flexibilidad para tramos con curvas cerradas
- Tunel no en movimiento → menor friccion → bajo riesgo geologico

33

TIPOS DE MAQUINAS PARA TUNELES DE PEQUEÑO DIAMETRO DE DOVELAS



I SLURRY Mixshield
Example ID 3650

II EPB Shield
Example ID 3000

III OPEN Single Shield
Example ID 2850

Tunnel Inner Diameter [mm]


- 3,000
- 4,000
- 5,000

Segment Lining

- AVN
- AVND / Mixshield
- EPB
- Single / Double Shield / Gripper

34

TUNEL DE AGUAS SERVIDAD DE LA BAHIA DE PANAMA | EPB 3000 | SEGMENT LINING | CIUDAD DE PANAMA (PANAMA).



| PROYECTO | MACHINE DETAILS | M-1494M | PERFORMANCE |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Uso del tunel: Agua residual Saneamiento de la bahía y de la ciudad de Panama | EPB 3000 AH Especial | OD 3670 EPB con cabeza de corte para roca | Mejor rendimiento diario: 40.6m Mejor rendimiento semanal: 196m Mejor rendimiento mensual: 718m |
| Longitud del tunel: 8,018m | Potencia nominal Max. torque | 630KW 1,600kNm | |
| Geología: 77% roca volcanica aglomerado, 10% basalto, 13% arenisca-limolita, agua hasta 3bares | Max. revolucion Sistema de guiado | 9.2 rpm U.N.S. Gyro | |
| Duracion de tunelacion: Octubre 2010 - Mayo 2012 | | | |

35

TUNELES PARA CABLE EUROPEOS CON DOVELAS

Solucion de tunel de gran tamaño para instalaciones profundas en condiciones de zonas urbanas en ciudades con espacio limitado

Paris, Francia

- AVND3100AH, OD 3850 mm
- Relocalizacion de lineas aereas de 4 x 225 kV a subterranas para Juegos Olimpicos 2024
- Longitud de tunel: 2.404 m
- Min. radio de curvatura: 300 m

Berlin, Alemania

- AVND3000AH, OD 3820 mm
- 380 kV cable diagonal para refuerzo de red
- Longitud de tunel: 6,701m
- Min. radio de curvatura: 300 m


Londres, UK

- 3 x EPB 3000AH, OD 3580 mm
- Tunel para cables de transmission de electricidad
- Longitud de tunel: 26,479m, 4 tramos, max. 11,090 m
- Min. radio de curvatura: 250m


36

Resumen de Tecnologías de Maquinas.
Consideraciones de costos y rendimientos.

| | Costos de inversion | Costos operacionales | Area del sitio de trabajo | Rendimiento |
|--------------|---------------------|----------------------|---------------------------|-------------|
| AVN AVND | €€€€€€ | €€€ | 100% | ●●●●● |
| Auger Boring | €€ | € | 50% | ●●● |
| EPB | €€€ | €€ | 85% | ●●● |
| MH / MHSM | € | € | 60% | ●● |
| TBM | €€€ | €€ | 85% | ●●● |



37




CONTACT
@ HERRENKNECHT AG

JUAN CARLOS MORENO
> Agente Comercial
+57 3163672000
morencj@herrenknecht.de

GREGOR NIEDER
> Gerente
+49 172 2464658
nieder@bhrtec.de

WWW.HERRENKNECHT.COM



38